

**Determining rotation angle and/or angle difference from phase signals involves determining torque on shaft by multiplying angle difference by spring rate of intermediate torsion rod**

**Patent number:** DE10142448

**Publication date:** 2002-03-14

**Inventor:** STEINLECHNER SIEGBERT (DE); DORFMUELLER LUTZ (DE); WENZLER AXEL (DE); NOLTEMEYER RALF (DE)

**Applicant:** BOSCH GMBH ROBERT (DE)

**Classification:**

- international: G01B21/22; G01B11/26; G01D5/243; B62D15/02

- european: G01L3/10E; G01L3/12

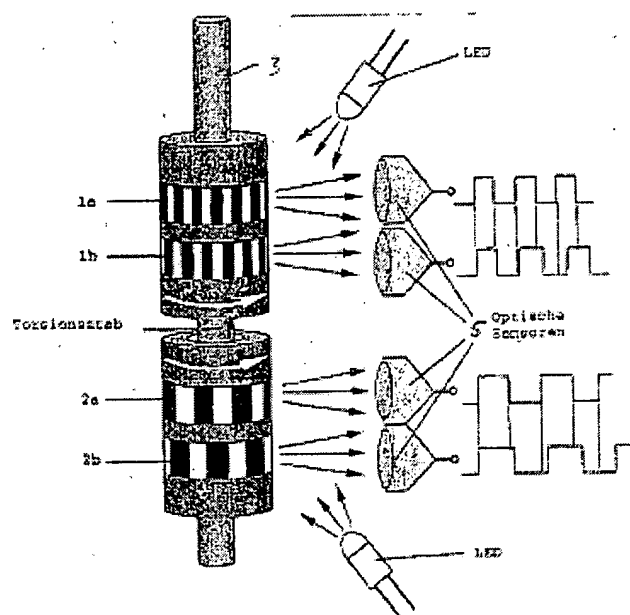
**Application number:** DE20011042448 20010831

**Priority number(s):** DE20011042448 20010831; DE20001042656 20000831

**Report a data error here**

**Abstract of DE10142448**

The method involves acquiring ambiguous phase signals in relation to shaft rotation using associated sensors (5) and an evaluation unit, summing at least two phase signals in weighted manner, forming a non-even component of the summed signal proportional to the angle difference and determining the torque on the shaft by multiplying the angle difference by the spring rate of the torsion rod.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 101 42 448 A 1

51 Int. Cl. 7:  
G 01 B 21/22  
G 01 B 11/26  
G 01 D 5/243  
B 62 D 15/02

21 Aktenzeichen: 101 42 448.5  
22 Anmeldetag: 31. 8. 2001  
43 Offenlegungstag: 14. 3. 2002

DE 101 42 448 A 1

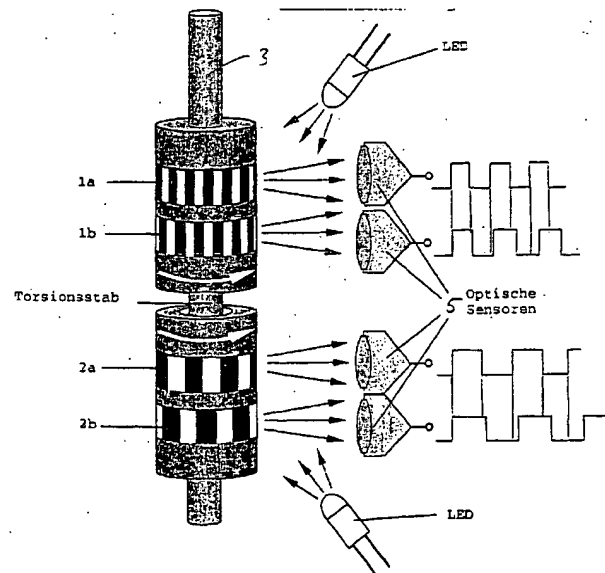
66 Innere Priorität:  
100 42 656. 5 31. 08. 2000  
71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Steinlechner, Siegbert, 71229 Leonberg, DE;  
Dorfmueller, Lutz, 70839 Gerlingen, DE; Wenzler,  
Axel, Dr., 70569 Stuttgart, DE; Noltemeyer, Ralf,  
73249 Wernau, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren zur Bestimmung eines Drehwinkels und/oder einer Winkeldifferenz aus Phasensignalen

57 Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zur Bestimmung eines Drehwinkels ( $\Phi$ ) und/oder einer Winkeldifferenz ( $\delta$ ) an einer geteilten Welle (3) vorgeschlagen, an der mehrere mit Codierungen versehene Phasenspuren (1a, 1b, 2a, 2b) angeordnet sind. Jede Spurengruppe (1a, 1b bzw. 2a, 2b) liefert über eine Auswerteeinheit ein Phasensignal ( $\alpha_1, \alpha_2$ ), das in Bezug auf eine Umdrehung der Welle (3) jeweils mehrdeutig ist. Die wenigstens zwei Phasensignale ( $\alpha_1, \alpha_2$ ) werden zu einem Signal (S) gewichtet aufsummiert und daraus der ganzzahlige und der nicht ganzzahlige Anteil gebildet. Der nicht ganzzahlige Anteil ist proportional der Winkeldifferenz ( $\delta$ ) zwischen den beiden Spurengruppen. Durch Multiplikation mit der Federrate eines zwischengeschalteten Torsionsstabes lässt sich das Drehmoment (M) bestimmen. Aus dem ganzzahligen Anteil des Signals (S) und einem Phasenwert ( $\alpha_1$ ) oder ( $\alpha_2$ ) wird mit Hilfe einer gewichteten Addition der eindeutige Drehwinkel ( $\Phi$ ) bestimmt.



DE 101 42 448 A 1

## Beschreibung

## Stand der Technik

[0001] Bei einigen technischen Meßaufgaben besteht die Notwendigkeit, die Winkelstellung einer Welle und gleichzeitig eine Winkeldifferenz zu einem zweiten (Wellen-)Element zu bestimmen. Bspw. kann aus der Winkeldifferenz zweier über einen Torsionsstab verbundener Wellenelemente das, an der Welle angreifende Drehmoment bestimmt werden.

[0002] Als Anwendungsbeispiel sei ein an der Lenkwelle eines KFZ angebrachter TAS (Torque-Angle-Sensor) genannt, der gleichzeitig den Lenkwinkel und das Lenkmoment ausgeben soll (vgl. Fig. 1). Dazu werden die Winkel auf beiden Seiten eines Torsionselements gemessen. Das Drehmoment  $M$  berechnet sich dann aus der Differenz  $\delta$  dieser Winkel zu

$$M = c \cdot \delta$$

( $c$  = Federrate des Torsionselements).

[0003] Die einzelnen Winkelmessungen müssen dabei i. d. R. sehr genau sein, da in den i. allg. recht kleinen Differenzwinkel die Ungenauigkeiten der beiden Winkelbestimmungen direkt eingehen.

[0004] Zur hochgenauen Messung der einzelnen Winkel werden bspw. mehrere optische oder magnetische Codespuren bzw. Multipolräder eingesetzt, welche mit einem digitalen Code versehen sind. Bei einer robusteren Variante werden die Spuren nicht mit einem digitalen Code versehen, sondern enthalten verschiedene Phaseninformationen. Diese Phaseninformationen werden optisch oder magnetisch erfasst und in entsprechende (elektrische) Phasensignale umgewandelt, welche entweder durch ein- bzw. mehrfache Anwendung des klassischen oder modifizierten Noniusverfahrens ausgewertet werden (z. B. DE 195 06 938) oder die Winkelbestimmung erfolgt mit einem Verfahren zur Auswertung N-dimensionaler Phasensignale.

## Aufgabe der Erfindung

[0005] Die Aufgabe der Erfindung ist die gleichzeitige und aufwandsgünstige Bestimmung von Winkel  $\phi$  und Winkeldifferenz  $\delta$  aus zwei mehrdeutigen Phasenmessungen  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$ . Die Winkeldifferenz wird dabei nicht als Differenz zweier Winkel berechnet, sondern direkt und aufwandsgünstig aus den mehrdeutigen Phasenmessungen bestimmt. Gleichzeitig wird aus den untereinander verschobenen und mehrdeutigen Phasenmessungen ein eindeutiger Winkelwert gewonnen.

[0006] Damit kann beispielsweise gleichzeitig der Drehwinkel  $\phi$  einer Welle und das an ihr angreifende Drehmoment bestimmt werden. Die beiden mehrdeutigen Phasensignale  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$  werden dabei unter Einsatz von RADAR, Laser, optischen, magnetischen oder sonstigen Sensorprinzipien gewonnen. Dabei ist es oft notwendig, diese Phasensignale jeweils wiederum aus mehreren Phasenspuren (vgl. beispielsweise die Spuren 1a und 1b bzw. 2a und 2b in Fig. 1) mit Hilfe des Noniusprinzips (klassisch oder modifiziert, eventuell kaskadiert oder N-dimensional) zu gewinnen.

[0007] Ein weiteres mögliches Einsatzgebiet ist die Bestimmung der Winkeldifferenz zwischen zwei Phasenspuren, welche bspw. durch Fertigungs- oder Einbautoleranzen (Tiltwinkel) bedingt ist. Die Kenntnis dieser Winkeldifferenz ist für eine mögliche Korrektur der durch diese Tole-

ranzen bedingten Fehler in der Signalauswertung notwendig.

[0008] Die Erfindung ist insbesondere dazu geeignet, in einem TAS (Torque-Angle-Sensor) eingesetzt zu werden.

## Vorteile der Erfindung

[0009] Kern der Erfindung ist ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung zur direkten und gleichzeitigen Bestimmung von Winkel  $\phi$  und Winkeldifferenz  $\delta$  aus zwei mehrdeutigen Phasenmessungen  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$ , welche um die unbekannte Winkeldifferenz  $\delta$  verschoben sind.

[0010] Im Gegensatz zu den bekannten Verfahren muss dabei nicht der Umweg über die beiden Absolutwinkel gemacht werden, was den Schaltungsaufwand deutlich reduziert.

[0011] Gleichzeitig werden durch das Verfahren die Messfehler in den einzelnen Phasenspuren deutlich reduziert.

[0012] Der Gewinn gegenüber den bekannten Verfahren wird besonders deutlich, wenn nur die Winkeldifferenz zu bestimmen ist. In diesem Fall vereinfacht sich das in Fig. 2 dargestellte Blockschaltbild der Anordnung nochmals.

## Beschreibung

[0013] Fig. 1 zeigt eine Realisierungsmöglichkeit für einen optischen Winkel- und Drehmomentsensor, in dem die Erfindung mit Vorteil eingesetzt werden kann. Fig. 2 zeigt das Blockschaltbild der Anordnung zur Bestimmung von Winkel und Drehmoment.

[0014] Die nun folgende Beschreibung orientiert sich an einer bevorzugten Ausführungsform zur Messung von Winkel und Drehmoment (TAS). Der Fachmann sollte jedoch erkennen, dass die Erfindung auch für andere Anwendungs- und Ausführungsformen zum Einsatz kommen kann.

[0015] Fig. 1 zeigt ein Beispiel eines optischen TAS mit insgesamt 4 Phasenspuren 1a, 1b, 2a und 2b. Zwischen den oberen Spuren 1a, 1b und den unteren (2a, 2b) befindet sich ein Torsionsstab. Die Lenkwelle befindet sich in der Winkelposition  $\phi$ . Durch das an ihr wirkende Drehmoment ist die Gruppe mit den unteren Spuren (2a, 2b) und den Winkel  $\delta$  gegenüber der oberen Gruppe (Spuren 1a, 1b) verdreht.

[0016] Aus den beiden oberen Spuren 1a, 1b wird z. B. mit Hilfe des modifizierten Noniusverfahrens ein erstes Phasensignal  $\alpha_1$  gewonnen, welches mit dem mechanischen Drehwinkel  $\phi$  der Welle über den Zusammenhang

$$\alpha_1 = n_1 \cdot \Phi$$

verbunden ist. Analog gilt für das aus den unteren Spuren gewonnene, zweite Phasensignal  $\alpha_2$ ,

$$\alpha_2 = n_2 \cdot (\Phi - \delta)$$

[0017]  $n_1$  und  $n_2$  sind dabei resultierende Periodenzahlen der beiden Spurengruppen, d. h., das aus den Spuren 1a und 1b gewonnene Phasensignal wiederholt sich bei einer (mechanischen) Umdrehung  $n_1$  mal;  $\delta$  ist die Winkeldifferenz zwischen den beiden Spurengruppen. Die tatsächlichen Messwerte der Phasensignale liegen immer im Bereich 0 bis  $2\pi$ , sind also immer nur bis auf ganzzahlige Vielfache von  $2\pi$  bestimmt.

[0018] Insgesamt liefert ein Sensor (Fig. 2) also die beiden Phasensignale  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$ , welche in der Regel digital vorliegen. Diese werden zunächst gewichtet aufsummiert und liefern das Signal  $S$ . Diese Summation kann bspw. folgendermaßen ausgeführt werden:

$$S = \frac{1}{2\pi} (n_2 \cdot \alpha_1 - n_1 \cdot \alpha_2)$$

[0019] Die Rundung dieses Signals auf ganzzahlige Werte liefert das ganzzahlige Signal W, welches wiederum von S abgezogen wird. Als Ergebnis dieser Operation erhält man das Signal D, den nichtganzzahligen Anteil von S. Bei einer digitalen Implementierung kann dieser nichtganzzahlige Anteil oft sehr einfach direkt aus der Zahlendarstellung von S gewonnen werden.

[0020] Das Signal D ist der Winkeldifferenz  $\delta$  direkt proportional und somit ein Maß für den Differenzwinkel bzw. das Drehmoment und kann bei Bedarf mit Hilfe eines Multiplizierers in das Drehmoment umskaliert werden.

[0021] Gleichzeitig kann der Winkel  $\phi$  aus dem ganzzahligen Signal W und dem Phasenwert  $\alpha_1$  mit Hilfe einer gewichteten Addition gewonnen werden. Diese Addition erfolgt modulo  $2\pi$ . Für den Fall  $n_1 = n_2 + 1$  berechnet sich der Winkel  $\phi$  wie in Bild 2 dargestellt zu:

$$\Phi_{\text{mess}} = \frac{\alpha_1}{n_1} + \frac{W \cdot 2 \cdot \pi}{n_1}$$

[0022] Die vorgestellte Schaltungsanordnung reduziert weiterhin die in den beiden Phasensignalen  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$  vorhandenen Messfehler  $e_1$  und  $e_2$  um die Periodenzahlen:

- Fehler im Winkel  $\phi$ :  $e_1/n_1$
- Fehler im Differenzwinkel  $\delta$ :  $e_2/n_2 - e_1/n_1$

[0023] Bei der Dimensionierung bzw. Ausgestaltung der Anordnung sind noch die folgenden Punkte zu beachten:

- Will man einen eindeutigen Winkel  $\phi$  bestimmen, so dürfen die Periodenzahlen  $n_1$  und  $n_2$  keinen gemeinsamen Teiler enthalten.
- Das Produkt aus  $n_1$  und  $n_2$  legt die maximale zulässige Winkeldifferenz fest. Bei  $|\delta| < 6^\circ$  gilt bspw.  $n_1 n_2 \leq 30$ .
- Werden die Winkelwerte binär auf  $2\pi$  normiert dargestellt, sind alle erforderlichen Multiplikationen ganzzahlig oder rational ausführbar.
- Das Verfahren ist besonders geeignet für den TAS (Torque-Angle-Sensor).
- Die erforderlichen Gewichte bzw. Multiplizierkoeffizienten müssen nur einmalig beim Systementwurf bestimmt werden.
- Das Verfahren lässt sich auch sehr gut einsetzen, um die (feste) Winkeldifferenz zwischen Phasenspuren zu bestimmen, welche bspw. durch Einbautoleranzen (Tiltwinkel) verursacht sind.
- Wird nur die Winkeldifferenz benötigt, so wird die Anordnung weiter vereinfacht (der grau unterlegte Teil in Fig. 2 muss in diesem Fall nicht realisiert werden); der Vorteil gegenüber den bisherigen Verfahren wird somit nochmals größer.
- Wird nur die Winkeldifferenz benötigt, so dürfen die Periodenzahlen  $n_1$  und  $n_2$  einen gemeinsamen Teiler enthalten; eine eindeutige Bestimmung des Winkels  $\phi$  ist dann allerdings prinzipiell unmöglich.
- Das Verfahren lässt sich auch auf andere Systeme übertragen, die entsprechende Ausgangssignale liefern, wie z. B. Lineargeber, Mehrfrequenz-Abstandsmesssysteme.
- Die vorgeschlagene Anordnung kann analog oder digital realisiert werden.
- Die vorgeschlagene Schaltung lässt sich sehr einfach

in einer digitalen Auswerteschaltung realisieren.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung eines Drehwinkels ( $\Phi$ ) und/oder einer Winkeldifferenz ( $\delta$ ) an einer geteilten Welle (3) mit Phasenspuren (1a, 1b bzw. 2a, 2b) und einem zwischengeschalteten Torsionsstab, wobei mittels zugeordneter Sensoren (5) und einer Auswerteeinheit in Bezug auf eine Umdrehung der Welle (3) jeweils mehrdeutige Phasensignale ( $\alpha_1, \alpha_2$ ) gewonnen werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens zwei Phasensignale ( $\alpha_1, \alpha_2$ ) zu einem Signal S gewichtet aufsummiert werden, dass von dem Signal S ein nicht ganzzahliger Anteil D gebildet wird, wobei der Anteil D proportional der Winkeldifferenz ( $\delta$ ) ist und dass aus der Winkeldifferenz ( $\delta$ ) durch Multiplikation mit der Federrate (C) des zwischengeschalteten Torsionsstabes das an der Welle (3) angreifende Drehmoment (M) bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem ganzzahligen Anteil des Signals S und dem Phasenmesswert ( $\alpha_1$  oder  $\alpha_2$ ) mit Hilfe einer gewichteten Summation der eindeutigen Drehwinkel ( $\Phi$ ) eindeutig bestimmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Drehwinkel der Lenkwinkel der Lenkwelle eines KFZ ist und das Drehmoment das Lenkmoment ist.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

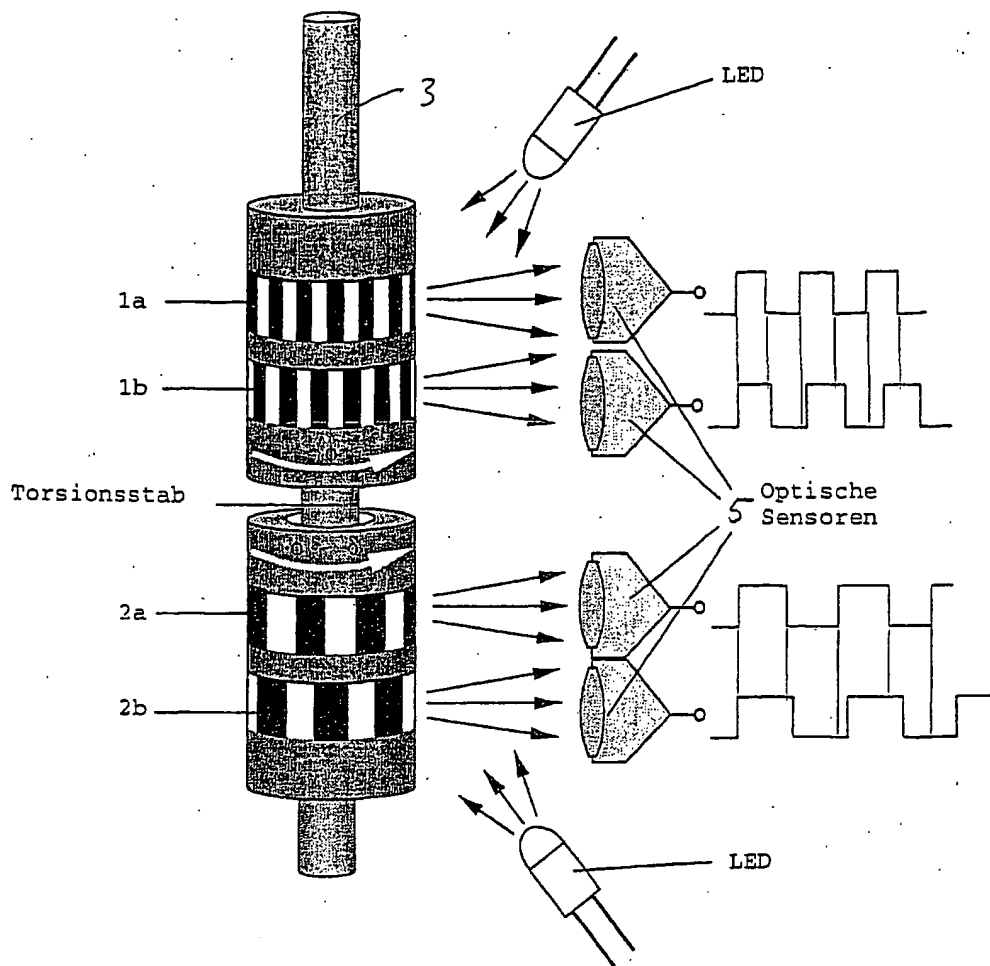


Fig. 1

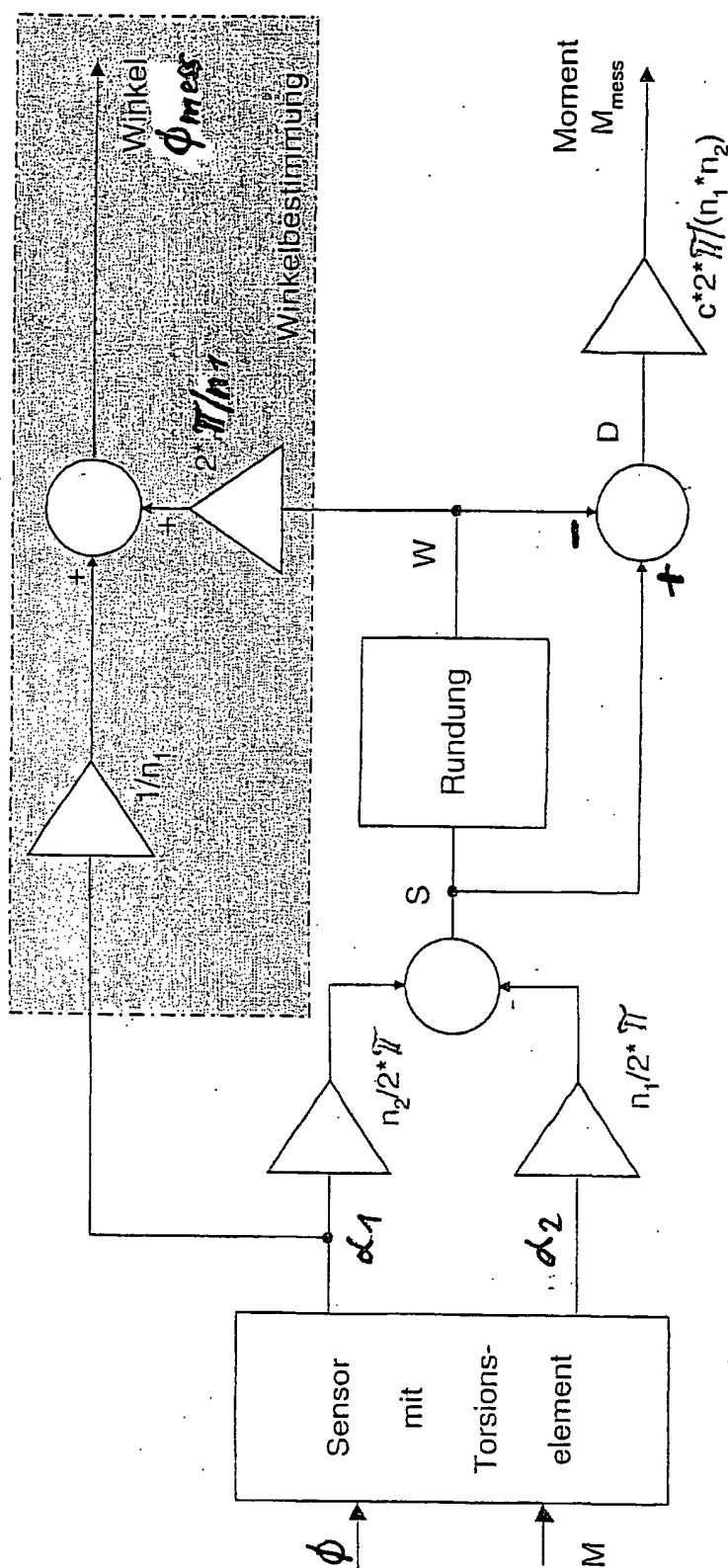


Fig. 2